

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-287190  
 (43)Date of publication of application : 03.10.2002

(51)Int.CI. G02F 1/37  
 H01S 3/08

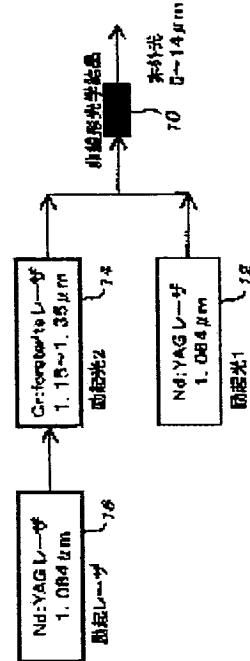
(21)Application number : 2001-089541 (71)Applicant : INST OF PHYSICAL & CHEMICAL  
 RES  
 NAITO NORIYUKI  
 (22)Date of filing : 27.03.2001 (72)Inventor : NAITO NORIYUKI  
 WADA TOMOYUKI  
 TASHIRO HIDEO

## (54) IR LIGHT GENERATING DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a compact IR light generating device with high output which is tunable for the wavelength.

**SOLUTION:** In the IR light generating device which allows two kinds of excitation light with different wavelengths to enter a nonlinear optical crystal to mix and to generate IR light by the difference frequency generation, a Nd: YAG laser 12 is used as the light source of the excitation light at the first wavelength in a shorter wavelength side which enters the nonlinear optical crystal 10, while a Cr: forsterite laser 14 is used as the light source of the excitation light at the second wavelength in a longer wavelength side which enters the nonlinear optical crystal 10.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C) 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-287190

(P2002-287190A)

(43)公開日 平成14年10月3日 (2002.10.3)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 2 F 1/37

H 0 1 S 3/08

識別記号

F I

G 0 2 F 1/37

H 0 1 S 3/08

テーマコード(参考)

2 K 0 0 2

5 F 0 7 2

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21)出願番号

特願2001-89541(P2001-89541)

(22)出願日

平成13年3月27日 (2001.3.27)

(71)出願人 000006792

理化学研究所

埼玉県和光市広沢2番1号

(71)出願人 501123536

内藤 紀幸

埼玉県川口市戸塚2-7-25 川重第一東  
川口寮304号

(72)発明者 内藤 紀幸

埼玉県川口市戸塚2-7-25 川重第一東  
川口寮304号

(74)代理人 100087000

弁理士 上島 淳一

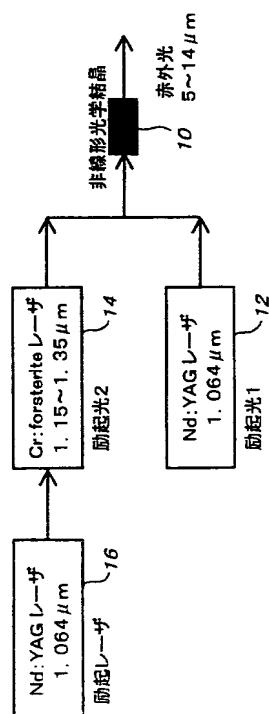
最終頁に続く

(54)【発明の名称】赤外光発生装置

(57)【要約】

【課題】高出力かつコンパクトで波長チューニング可能な赤外光発生装置を提供する。

【解決手段】2種類の波長の異なる励起光を非線形光学結晶に入射して混合し、差周波発生により赤外光を発生する赤外光発生装置において、非線形光学結晶10へ入射する短波長側の第1の波長の励起光の光源として、Nd:YAGレーザ12を用い、非線形光学結晶10へ入射する長波長側の第2の波長の励起光の光源として、Cr:forsteriteレーザ14を用いる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 2種類の波長の異なる励起光を非線形光学結晶に入射して混合し、差周波発生により赤外光を発生する赤外光発生装置において、

非線形光学結晶へ入射する短波長側の第1の波長の励起光の光源として、Nd:YAGレーザを用い、前記非線形光学結晶へ入射する長波長側の第2の波長の励起光の光源として、Cr:forsteriteレーザを用いる赤外光発生装置。

【請求項2】 請求項1に記載の赤外光発生装置において、

前記Nd:YAGレーザは、前記第1の波長の励起光として波長1.064μmのパルス・レーザ光を発生して前記非線形光学結晶へ入射し、

前記Cr:forsteriteレーザは、1.15～1.35μmの波長範囲でレーザ発振する波長可変レーザであり、両サイド励起によってパルス・レーザ光のタイム・ジッターを抑制し、前記第2の波長の励起光として1.15～1.35μmの波長範囲のレーザ光を選択的に発生して前記非線形光学結晶へ入射し、

前記Cr:forsteriteレーザが発生するパルス・レーザ光の波長に応じて、前記非線形光学結晶における差周波発生によって、5～14μmの波長範囲の赤外光を選択的に発生する赤外光発生装置。

【請求項3】 請求項1に記載の赤外光発生装置において、

前記Nd:YAGレーザは、前記第1の波長の励起光として波長1.064μmのパルス・レーザ光を発生して前記非線形光学結晶へ入射し、

前記Cr:forsteriteレーザは、光路長の短いキャビティを用いて1.15～1.35μmの波長範囲でレーザ発振する波長可変レーザであり、前記光路長の短いキャビティを用いることによってパルス・レーザ光のタイム・ジッターを抑制し、前記第2の波長の励起光として1.15～1.35μmの波長範囲のレーザ光を選択的に発生して前記非線形光学結晶へ入射し、

前記Cr:forsteriteレーザが発生するパルス・レーザ光の波長に応じて、前記非線形光学結晶における差周波発生によって、5～14μmの波長範囲の赤外光を選択的に発生する赤外光発生装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、赤外光発生装置に関するものである。また、本発明は、2種類の波長の異なる励起光を非線形光学結晶に入射して混合し、差周波発生により赤外光を発生するようにした赤外光発生装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】一般に、波長λ<sub>1</sub>、波長λ<sub>2</sub>（λ<sub>1</sub> < λ<sub>2</sub>）の2つの励起光を非線形光学結晶中で混合することにより、より長い波長λ<sub>3</sub>（1/λ<sub>3</sub> = 1/λ<sub>1</sub> - 1/λ<sub>2</sub>）のコヒーレント光を発生させる、という差周波発生の原理が知られている。

【0003】従来より、上記した差周波発生の原理を利用して、2種類の波長の異なる励起光を非線形光学結晶に入射して混合し、差周波発生により赤外光を発生するようにした赤外光発生装置が知られている。

【0004】具体的には、非線形光学結晶に入射する2種類の波長の異なる励起光の光源について、短波長側の波長λ<sub>1</sub>の第1の励起光の光源として波長可変レーザであるTi:Sapphireレーザを用い、長波長側の波長λ<sub>2</sub>の第2の励起光の光源として波長1.064μmでレーザ発振するNd:YAGレーザを用いた赤外光発生装置が存在している。

【0005】ここで、差周波発生の原理において、差周波光は、非線形光学結晶中で短波長側の光が波長変換されることにより発生する。

【0006】即ち、上記した従来の赤外光発生装置において、差周波光（赤外光）は、短波長側の波長λ<sub>1</sub>の第1の励起光を発生する波長可変レーザであるTi:Sapphileレーザにより発生された光が、非線形光学結晶中で波長変換されることにより発生するものである。

【0007】従って、この赤外光発生装置において差周波光（赤外光）の出力を決定するのはTi:Sapphileレーザの出力であり、差周波光（赤外光）の出力はTi:Sapphileレーザの出力に依存することになる。

【0008】ところで、Ti:Sapphileレーザは、波長0.532μmのNd:YAGレーザの第2高調波で励起する必要があるため、差周波光（赤外光）の出力を向上するためには、装置全体の大型化が避けられないという問題点があった。

## 【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記したような従来の技術の有する問題点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、高出力かつコンパクトで波長チューニング可能な赤外光発生装置を提供しようとするものである。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明による赤外光発生装置は、図1の概念構成図に示すように、非線形光学結晶10を用いた差周波発生による赤外光発生装置であって、非線形光学結晶10に入射する短波長側の第1の波長の励起光（励起光1）の光源としてNd:YAGレーザ12を用い、非線形光学結晶10に入射する長波長側の第2の波長の励起光（励起光2）の光源としてCr:forsteriteレーザ14を用いるようにしたものである。

【0011】より詳細には、波長1.064μmでレーザ発振するNd:YAGレーザ12と、波長1.15～

1.  $35\text{ }\mu\text{m}$ でレーザ発振する波長可変固体レーザであるCr : forsteriteレーザとを用いることにより、Nd : YAGレーザ12の基本波を短波長側の第1の波長の励起光（励起光1）として用いるようにしたので、高出力かつコンパクトであり、波長 $5\sim14\text{ }\mu\text{m}$ の赤外領域で波長チューニングが可能な赤外光発生装置を実現することができる。

【0012】なお、Cr : forsteriteレーザは、励起レーザとしてNd : YAGレーザ16を用いることができる。

【0013】また、本発明による赤外光発生装置をパルス動作で作動する場合には、第1の波長の励起光（励起光1）と第2の波長の励起光（励起光2）との2つのパルス・レーザ光の同期が重要となるので、この2つのパルス・レーザ光の同期を図るため、波長可変固体レーザであるCr : forsteriteレーザにより発生されるパルス・レーザ光のタイム・ジッター（time jitter）を抑制することが重要となる。

【0014】このために、本発明による赤外光発生装置においては、両サイド励起を用いてCr : forsteriteレーザを励起したり、光路長の短いキャビティを構成してCr : forsteriteレーザを発振させたりすることにより、波長可変固体レーザであるCr : forsteriteレーザにより発生されるパルス・レーザ光のタイム・ジッターを抑制して、2つのパルス・レーザ光の同期を図るようにしている。

【0015】即ち、本発明のうち請求項1に記載の発明は、2種類の波長の異なる励起光を非線形光学結晶に入射して混合し、差周波発生により赤外光を発生する赤外光発生装置において、非線形光学結晶へ入射する短波長側の第1の波長の励起光の光源として、Nd : YAGレーザを用い、上記非線形光学結晶へ入射する長波長側の第2の波長の励起光の光源として、Cr : forsteriteレーザを用いるようにしたものである。

【0016】また、本発明のうち請求項2に記載の発明は、本発明のうち請求項1に記載の発明において、上記Nd : YAGレーザは、上記第1の波長の励起光として波長 $1.064\text{ }\mu\text{m}$ のパルス・レーザ光を発生して上記非線形光学結晶へ入射し、上記Cr : forsteriteレーザは、 $1.15\sim1.35\text{ }\mu\text{m}$ の波長範囲でレーザ発振する波長可変レーザであり、両サイド励起によってパルス・レーザ光のタイム・ジッターを抑制し、上記第2の波長の励起光として $1.15\sim1.35\text{ }\mu\text{m}$ の波長範囲のレーザ光を選択的に発生して上記非線形光学結晶へ入射し、上記Cr : forsteriteレーザが発生するパルス・レーザ光の波長に応じて、上記非線形光学結晶における差周波発生によって、 $5\sim14\text{ }\mu\text{m}$ の波長範囲の赤外光を選択的に発生するようにしたものである。

【0017】また、本発明のうち請求項3に記載の発明

は、本発明のうち請求項1に記載の発明において、上記Nd : YAGレーザは、上記第1の波長の励起光として波長 $1.064\text{ }\mu\text{m}$ のパルス・レーザ光を発生して上記非線形光学結晶へ入射し、上記Cr : forsteriteレーザは、光路長の短いキャビティを用いて $1.15\sim1.35\text{ }\mu\text{m}$ の波長範囲でレーザ発振する波長可変レーザであり、上記光路長の短いキャビティを用いることによってパルス・レーザ光のタイム・ジッターを抑制し、上記第2の波長の励起光として $1.15\sim1.35\text{ }\mu\text{m}$ の波長範囲のレーザ光を選択的に発生して上記非線形光学結晶へ入射し、上記Cr : forsteriteレーザが発生するパルス・レーザ光の波長に応じて、上記非線形光学結晶における差周波発生によって、 $5\sim14\text{ }\mu\text{m}$ の波長範囲の赤外光を選択的に発生するようにしたものである。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、添付の図面に基づいて、本発明による赤外光発生装置の実施の形態の一例を詳細に説明するものとする。

【0019】図2には、本発明の実施の形態の一例としての赤外光発生装置の構成説明図が示されている。

【0020】この図2に示す赤外光発生装置は、パルス動作で作動するものとし、短波長側のパルス・レーザ光の光源たる波長 $1.064\text{ }\mu\text{m}$ でレーザ発振するNd : YAGレーザ100と、長波長側のパルス・レーザ光の光源たる $1.15\sim1.35\text{ }\mu\text{m}$ の波長範囲でレーザ発振する波長可変固体レーザであるCr : forsteriteレーザ102と、Cr : forsteriteレーザ102を励起するための光源たるNd : YAGレーザ104と、Nd : YAGレーザ100をパルス動作で作動するためのトリガーをNd : YAGレーザ100へ出力するとともに、Cr : forsteriteレーザ102をパルス動作で作動させるためにNd : YAGレーザ104をパルス動作で作動するためのトリガーをNd : YAGレーザ104へ出力するパルス発生装置106と、Nd : YAGレーザ100とCr : forsteriteレーザ102においてそれぞれ発生されたパルス・レーザ光を入射して混合し、差周波発生により赤外光を発生する非線形光学結晶108とを有して構成されている。

【0021】なお、非線形光学結晶108としては、例えば、カルコパイライト結晶であるAgGaS<sub>2</sub>結晶、HgGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>結晶、GaSe結晶などを用いることができる。

【0022】上記したように、Cr : forsteriteレーザ102の励起光源としては、波長 $1.064\text{ }\mu\text{m}$ でレーザ発振するNd : YAGレーザ104を用いているが、その励起強度を高めるために、Nd : YAGレーザ104から出射された基本波である波長 $1.064\text{ }\mu\text{m}$ の励起光は、レンズ110、112で構成された

テレスコープにより所定のビーム径に調整された後に、ビーム・スプリッター114で2方向に分岐される。

【0023】ビーム・スプリッター114で2方向に分岐された励起光のうちの一方の励起光Aは、折り返しプリズム116、118を介して波長可変レーザ結晶たるCr:forsteriteレーザ結晶120の一方のサイド(図2における左サイド)へ導入され、一方、ビーム・スプリッター114で2方向に分岐された励起光のうちの他方の励起光Bは、反射鏡122、折り返しプリズム124、126を介してCr:forsteriteレーザ結晶120の他方のサイド(図2における右サイド)へ導入され、Cr:forsteriteレーザ結晶120は両サイド励起されることになる。

【0024】これにより、Cr:forsteriteレーザ102の利得が高くなり、Cr:forsteriteレーザ102が発生するパルス・レーザ光のタイム・ジッターを抑制することができる。

【0025】さらに、このCr:forsteriteレーザ102においては、Cr:forsteriteレーザ結晶120を中間に位置するようにして、Cr:forsteriteレーザ結晶120の一方の側(図2における左側)には、パルス・レーザ光の出射側として出力鏡128(出力鏡128は、波長1.15~1.35μmの光を所定の透過率(例えば、30%)で透過するミラーにより構成される。)が配置され、Cr:forsteriteレーザ結晶120の他方の側(図2における右側)には、波長セレクタとして機能する波長選択用の分散プリズム130と回転鏡132とが配置されており、出力鏡128と回転鏡132とによりキャビティが構成されている。換言すれば、出力鏡128はキャビティを構成する一方のミラーであり、回転鏡132はキャビティを構成する他方のミラーである。

【0026】ここで、出力鏡128は、図3に示すように、円板形状の出力鏡の一部がカットされて略D字形状に構成されている。従って、従来の円板形状の出力鏡であるならば、Cr:forsteriteレーザ結晶120への励起光Aの導入を妨げないようにするために、Cr:forsteriteレーザ結晶120から離れた位置Cに配置する必要があったが、この略D字形状の出力鏡128によれば、カットされた領域を励起光Aが通過することができるため、Cr:forsteriteレーザ結晶120の近傍の位置Dに配置することができるため、キャビティの光路長を短くすることができ、タイム・ジッターを抑制することができるようになる。

【0027】また、分散プリズム130も、従来より一般的に配置される位置Eに比べて、Cr:forsteriteレーザ結晶120の近傍の位置Fに配置するようにしたため、これによってもキャビティの光路長を短くすることができ、なお一層タイム・ジッターを抑制することができるようになる。

【0028】以上の構成において、この赤外光発生装置により差周波により赤外光を発生させるためには、短波長側の第1の励起光(以下、「励起光1」と称する。)を発生するNd:YAGレーザ100と、長波長側の第2の励起光(以下、「励起光2」と称する。)を発生するCr:forsteriteレーザ102とを、パルス発生装置106で発生させた外部のトリガーをそれぞれ用いてパルス動作させる。パルス・レーザ光である励起光1と励起光2との同期は、この2つの外部のトリガーの時間タイミングを調整することによって行う。

【0029】上記した構成の赤外光発生装置においては、励起光1の波長λ<sub>1</sub>、励起光2の波長λ<sub>2</sub>には、「λ<sub>1</sub> < λ<sub>2</sub>」の関係がある。上記したように、差周波発生の原理は、短い波長の励起光1が差周波光に変換されるので、その出力を決定するのは、励起光1の出力となる。

【0030】この赤外光発生装置では、励起光1が1.064μmでレーザ発振するNd:YAGレーザであるため、従来のTi:SapphireレーザとNd:YAGレーザとの組み合わせに較べて、高出力化と小型化と同時に達成することができる。

【0031】即ち、この赤外光発生装置においては、Nd:YAGレーザの基本波が励起光1であるため、高出力かつコンパクトであり、しかも5~14μmの広い波長範囲で波長チューニング可能な、波長可変領域が広い赤外光発生装置が実現できる。

【0032】なお、図4には、本願出願人の実験結果によるCr:forsteriteレーザ102の波長とタイム・ジッターとの関係を表すグラフが示されている。Cr:forsteriteレーザ結晶120に対して両サイド励起を用いることにより、1200~1250nsの波長域において、タイム・ジッターは最大5nsに抑制することができた。

【0033】また、図5はNd:YAGレーザ100のレーザ・パルスを示し、図6はCr:forsteriteレーザ102のレーザ・パルスを示している。これら2つのレーザ・パルスは、図7に示すようにそれぞれ100ショット発生した際にも同期を取ることができた。

【0034】なお、上記した実施の形態は、以下の(1)乃至(3)に示すように変形してもよい。

【0035】(1) 上記した実施の形態においては、波長セレクタとして分散プリズム130と回転鏡132とを用いているが、さらにスペクトル幅を狭くするためには、分散プリズム130と回転鏡132との間にエタロン140を挿入するようにしてもよい(図2参照)。

【0036】(2) 上記した実施の形態においては、波長セレクタとして分散プリズム130と回転鏡132とを用いているが、これに限られるものではないことは勿論であり、分散プリズム130と回転鏡132とに代え

て、例えば、回折格子を用いるようにしてもよい。

【0037】(3) 上記した実施の形態ならびに上記した(1)乃至(2)に示す変形例は、適宜に組み合わせるようにもよい。

#### 【0038】

【発明の効果】本発明は、以上説明したように構成されているので、高出力かつコンパクトで波長チューニング可能な赤外光発生装置を提供することができるという優れた効果を奏する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による赤外光発生装置の概念構成図である。

【図2】本発明の実施の形態の一例としての赤外光発生装置の構成説明図である。

【図3】円板形状の出力鏡の一部がカットされて略D字形状に構成された出力鏡の斜視図である。

【図4】本願出願人の実験結果によるCr:forsteriteレーザの波長とタイム・ジッターとの関係を表すグラフである。

【図5】Nd:YAGレーザのレーザ・パルスを示す波形である。

#### 【図6】Cr:forsteriteレーザのレーザ・

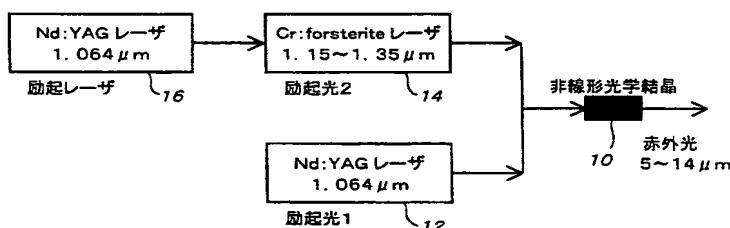
パルスを示す波形である。

【図7】Nd:YAGレーザのレーザ・パルスとCr:forsteriteレーザのレーザ・パルスとをそれぞれ100ショット発生した際の同期の状態を示す波形である。

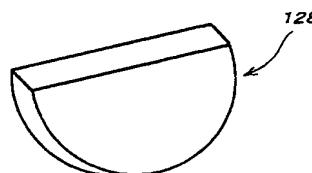
#### 【符号の説明】

10	非線形光学結晶
12	Nd:YAGレーザ
14	Cr:forsteriteレーザ
16	Nd:YAGレーザ
100	Nd:YAGレーザ
102	Cr:forsteriteレーザ
104	Nd:YAGレーザ
106	パルス発生装置
108	非線形光学結晶
114	ビーム・スプリッター
120	Cr:forsteriteレーザ結晶
128	出力鏡
130	分散プリズム
132	回転鏡
140	エタロン

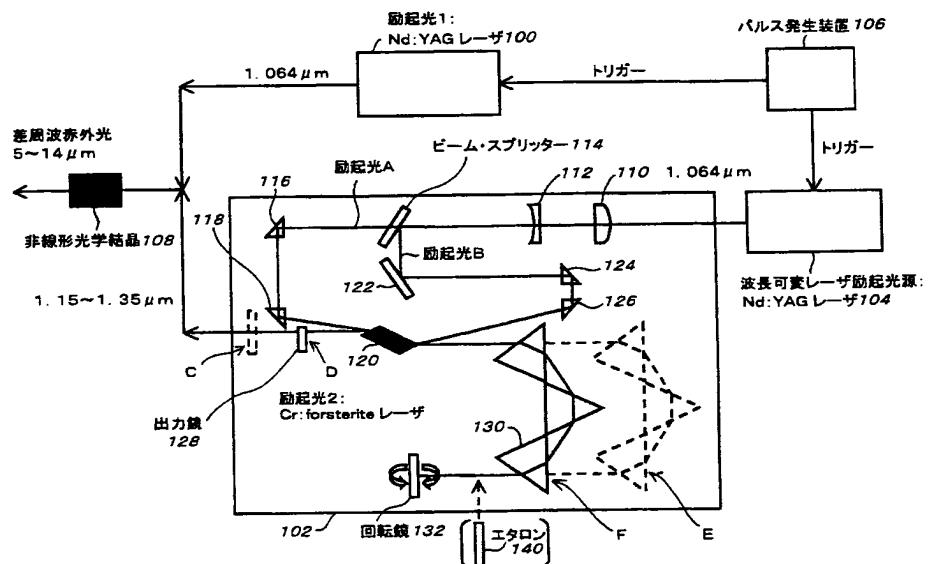
【図1】



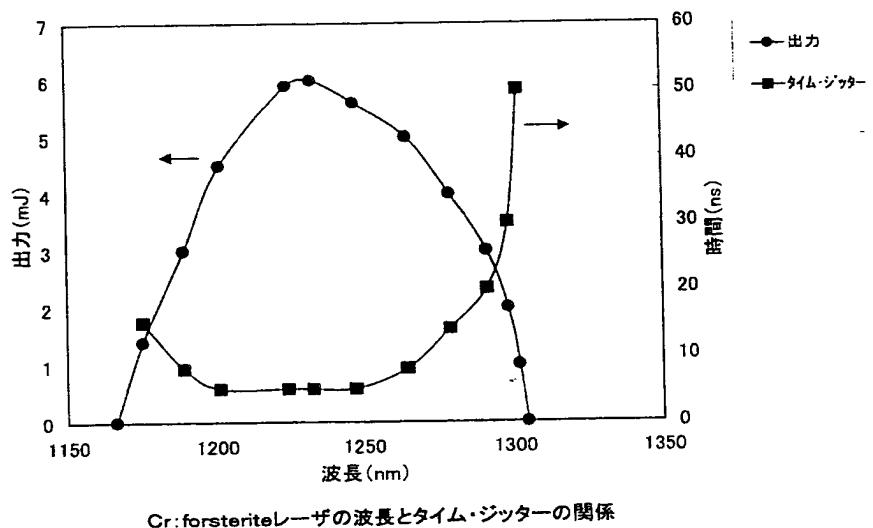
【図3】



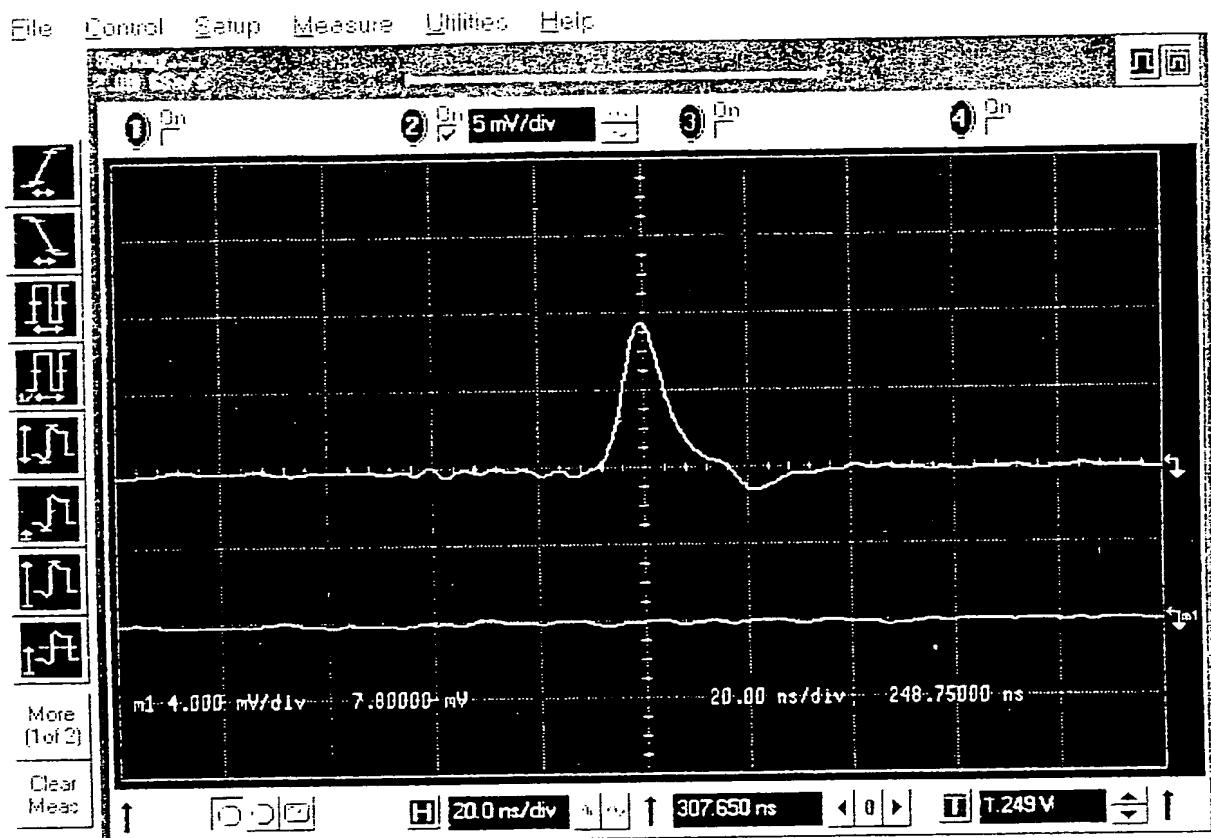
【図2】



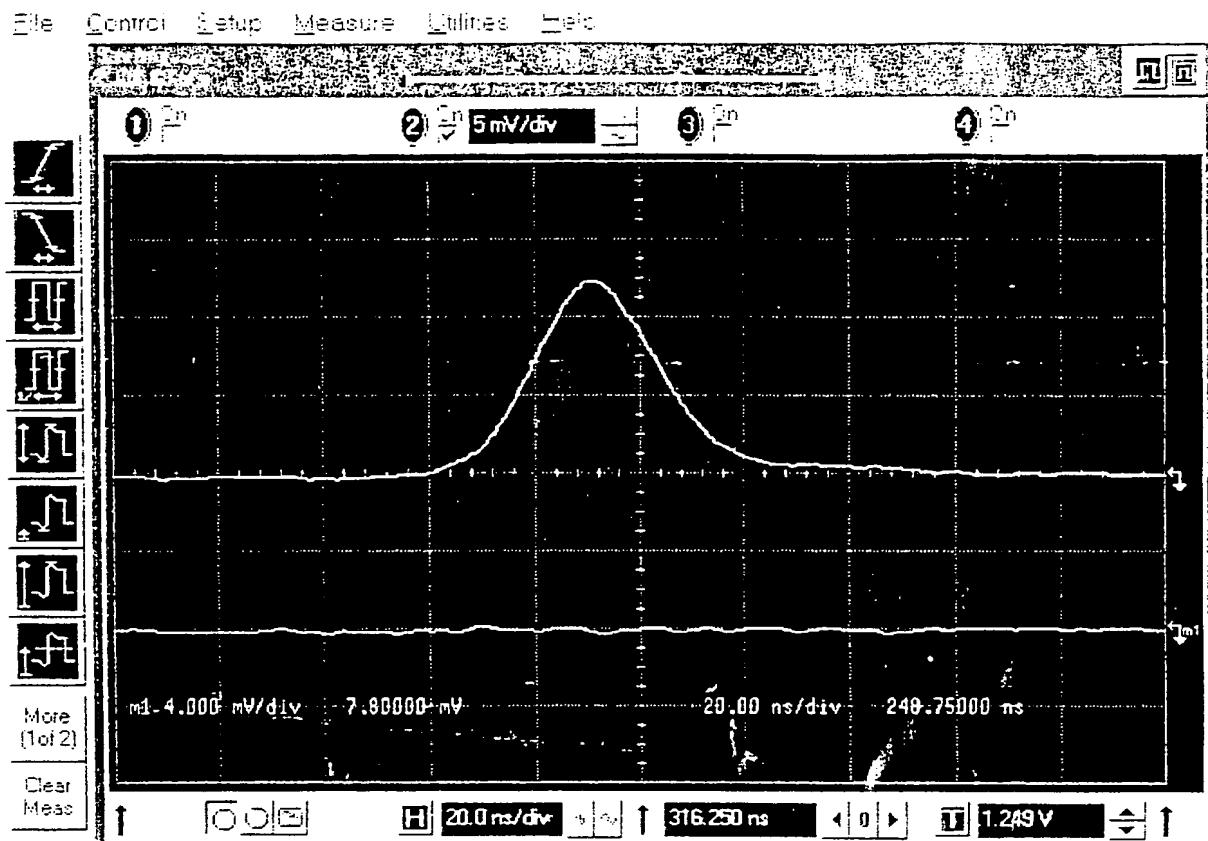
【図4】



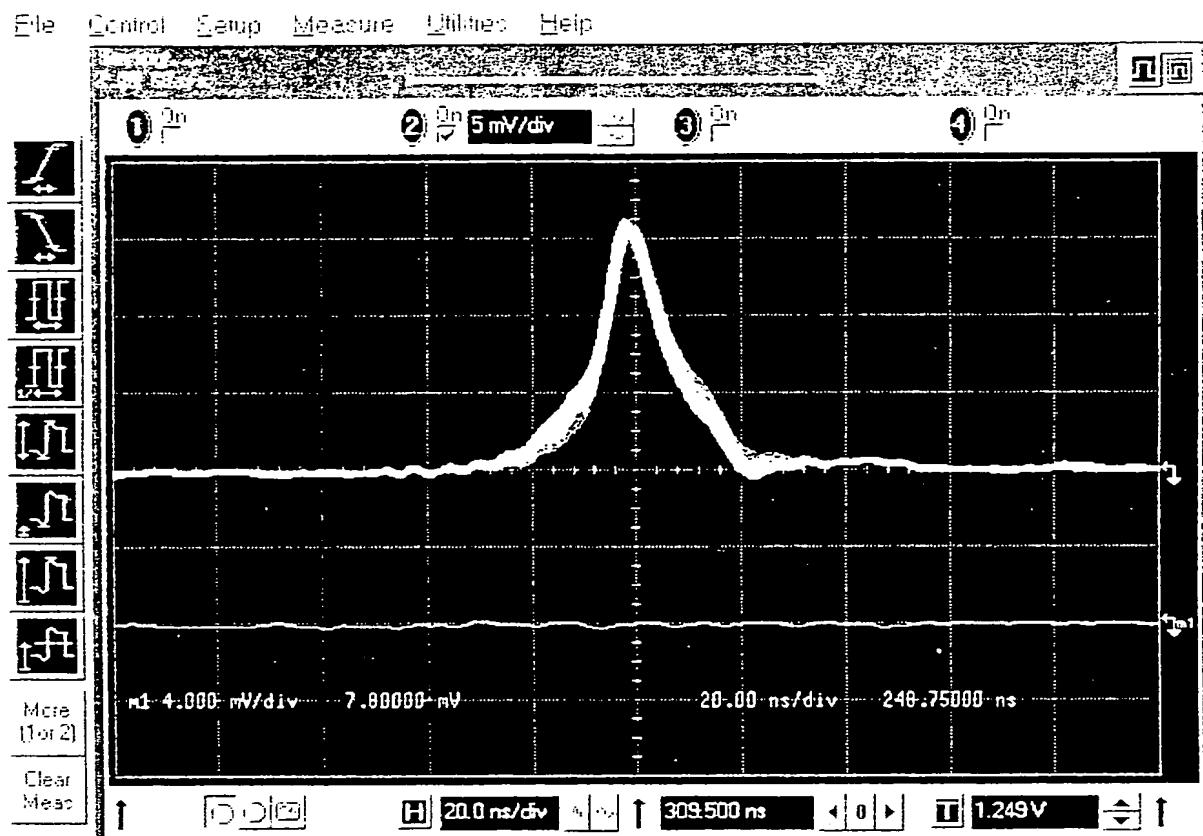
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 和田 智之  
埼玉県和光市広沢2番1号 理化学研究所  
内

(72)発明者 田代 英夫  
埼玉県和光市広沢2番1号 理化学研究所  
内  
F ターム(参考) 2K002 AB12 BA02 BA04 CA02  
5F072 JJ20 KK01 KK12 QQ02 RR01  
SS06

THIS PAGE BLANK (USPTO)